



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ **Offenlegungsschrift**  
⑯ **DE 101 18 352 A 1**

⑯ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**C 08 J 7/12**  
C 08 J 7/16  
C 09 D 7/02  
B 05 D 5/08

⑯ Aktenzeichen: 101 18 352.6  
⑯ Anmeldetag: 12. 4. 2001  
⑯ Offenlegungstag: 17. 10. 2002

DE 101 18 352 A 1

BEST AVAILABLE COPY

⑯ Anmelder:

CREAVIS Gesellschaft für Technologie und  
Innovation mbH Intellectual Property Management  
PATENT u. MARKEN, 45768 Marl, DE

⑯ Erfinder:

Nun, Edwin, Dr., 48727 Billerbeck, DE; Oles, Markus,  
Dipl.-Phys. Dr., 45525 Hattingen, DE; Schleich,  
Bernhard, Dipl.-Phys. Dr., 45657 Recklinghausen,  
DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Selbstanreinigende Oberflächen durch hydrophobe Strukturen und Verfahren zu deren Herstellung  
 ⑯ Die vorliegende Erfindung betrifft selbstanreinigende Oberflächen und Verfahren zu deren Herstellung.  
 Die wirtschaftliche Bedeutung von mit selbstanreinigenden Oberflächen ausgestatteten Gegenständen nimmt immer mehr zu. Es ist deshalb Ziel der Weiterentwicklungen auf diesem Gebiet, auf einfache Weise selbstanreinigende Oberflächen bereitzustellen, die eine bessere selbstanreinigende Wirkung aufweisen als die bisher bekannten Oberflächen.  
 In der vorliegenden Erfindung wird dieses Ziel dadurch erreicht, dass selbstanreinigend hydrophobe Oberflächen hergestellt werden, die Partikel mit einer Größe im Mikrometerbereich bis Submikrometerbereich aufweisen, welche wiederum eine zerklüftete Struktur im Nanometerbereich aufweisen.

DE 101 18 352 A 1

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft selbstreinigende Oberflächen und Verfahren zu deren Herstellung.

[0002] Gegenstände mit extrem schwer benetzbaren Oberflächen weisen eine Reihe von wirtschaftlich bedeutsamen Merkmalen auf. Das wirtschaftlich bedeutendste Merkmal ist dabei die selbstreinigende Wirkung von schwerbenetzbaren Oberflächen, da die Reinigung von Oberflächen Zeit- und kostenintensiv ist. Selbstreinigende Oberflächen sind somit von höchstem wirtschaftlichen Interesse. Haftmechanismen werden in der Regel durch grenzflächenenergetische Parameter zwischen den beiden sich berührenden Oberflächen bedingt. In der Regel versuchen dabei die Systeme ihre freie Grenzflächenenergie zu erniedrigen. Liegen die freien Grenzflächenenergien zwischen zwei Komponenten von sich aus schon sehr niedrig, so kann allgemein davon ausgegangen werden, dass die Haftung zwischen diesen beiden Komponenten schwach ausgeprägt ist. Wichtig ist dabei die relative Erniedrigung der freien Grenzflächenenergie. Bei Paarungen mit einer hohen und einer niedrigen Grenzflächenenergie kommt es sehr oft auf die Möglichkeiten der Wechselwirkungen an. So ist beispielsweise beim Aufbringen von Wasser auf eine hydrophobe Oberfläche nicht möglich, eine merkliche Erniedrigung der Grenzflächenenergie herbeizuführen. Dies ist daran erkennbar, dass die Benetzung schlecht ist. Aufgebrachtes Wasser bildet Tropfen mit sehr hohem Kontaktwinkel. Perfluorierte Kohlenwasserstoffe, z. B. Polytetrafluorethen, haben sehr niedrige Grenzflächenenergie. Auf solchen Oberflächen haften kaum irgendwelche Komponenten bzw. auf solchen Oberflächen abgelagerte Komponenten können sehr leicht wieder entfernt werden.

[0003] Der Einsatz von hydrophoben Materialien, wie perfluorierten Polymeren, zur Herstellung von hydrophoben Oberflächen ist bekannt. Eine Weiterentwicklung dieser Oberflächen besteht darin, die Oberflächen im  $\mu\text{m}$ -Bereich bis  $\text{nm}$ -Bereich zu strukturieren. US-PS 5 599 489 offenbart ein Verfahren, bei dem eine Oberfläche durch Beschuss mit Partikeln einer entsprechenden Größe und anschließender Perfluorierung besonders abweisend ausgestattet werden kann. Ein anderes Verfahren beschreiben H. Saito et al in "Service Coatings International" 4, 1997, S. 168 ff. Hier werden Partikel aus Fluorpolymeren auf Metallocberflächen aufgebracht, wobei eine stark erniedrigte Benetzbarkeit der so erzeugten Oberflächen gegenüber Wasser mit einer erheblich reduzierten Vereisungseignung festgestellt wurde.

[0004] In US-PS 3 354 022 und WO 96/04123 sind weitere Verfahren zur Erniedrigung der Benetzbarkeit von Gegenständen durch topologische Veränderungen der Oberflächen beschrieben. Hier werden künstliche Erhebungen bzw. Vertiefungen mit einer Höhe von ca. 5 bis 1 000  $\mu\text{m}$  und einem Abstand von ca. 5 bis 500  $\mu\text{m}$  auf hydrophobe oder nach der Strukturierung hydrophobierte Werkstoffe aufgebracht. Oberflächen dieser Art führen zu einer schnellen Tropfenbildung, wobei die abrollenden Tropfen Schmutzteilchen aufnehmen und somit die Oberfläche reinigen.

[0005] Dieses Prinzip ist der Natur entlehnt. Kleine Kontaktflächen erniedrigen die Van-der-Waals-Wechselwirkung, die für die Haftung an ebenen Oberflächen mit niedriger Oberflächenenergie verantwortlich ist. Beispielsweise sind die Blätter der Lotus-Pflanze mit Erhebungen aus einem Wachs versehen, die die Kontaktfläche zu Wasser herabsetzen. WO 00/58410 beschreibt die Strukturen und beansprucht die Ausbildung selbiger durch Aufsprühen von hydrophoben Alkoholen, wie Nonakosan-10-ol, oder Alkanediolen, wie Nonakosan-5,10-diol. Nachteilig hieran ist die mangelhafte Stabilität der selbstreinigenden Oberflächen, da

Detergentien zur Ablösung der Struktur führen.

[0006] Eine weitere Methode, leicht reinigbare Oberflächen zu erzeugen, ist in DE 199 17 367 A1 beschrieben. Überzüge auf Basis fluorhaltiger Kondensate sind aber nicht selbstreinigend. Die Kontaktfläche zwischen Wasser und Oberfläche ist zwar reduziert, jedoch nicht in ausreichendem Maße.

[0007] EP 1 040 874 A2 beschreibt das Abprägen von Mikrostrukturen und beansprucht die Verwendung solcher

10 Strukturen in der Analytik (Mikrofluidik). Nachteilig an diesen Strukturen ist die ungenügende mechanische Stabilität.

[0008] In JP 11171592 wird ein Wasser abweisendes Produkt und dessen Herstellung beschrieben, wobei die Schmutz abweisende Oberfläche dadurch hergestellt wird,

15 dass ein Film auf die zu behandelnde Oberfläche aufgetragen wird, der feine Partikel aus Metallocid und das Hydrolysat eines Metallalkoxids oder -chelats aufweist. Zur Verfestigung dieses Films muss das Substrat, auf welches der Film aufgebracht wurde, bei Temperaturen oberhalb 400°C

20 gesintert werden. Das Verfahren ist deshalb nur für Substrate einsetzbar, welche auch bei Temperaturen oberhalb von 400°C stabil sind.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war die Bereitstellung von besonders gut selbstreinigenden Oberflächen mit Strukturen im Nanometerbereich, sowie ein einfaches Verfahren zur Herstellung solcher selbstreinigenden Oberflächen.

[0010] Außerdem war Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von selbstreinigenden

30 Oberflächen bereitzustellen, bei denen das beschichtete Material nur geringen chemischen oder physikalischen Belastungen ausgesetzt werden muss.

[0011] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist deshalb eine selbstreinigende Oberfläche, die eine künstliche, zumindest teilweise hydrophobe Oberflächenstruktur aus Erhebungen und Vertiefungen aufweist, wobei die Erhebungen und Vertiefungen durch mittels eines Trägers auf der Oberfläche fixierten Partikel gebildet werden, welche dadurch gekennzeichnet sind, dass die Partikel eine zerklüftete Struktur mit Erhebungen und/oder Vertiefungen im Nanometerbereich aufweisen.

[0012] Ebenfalls ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von selbstreinigenden Oberflächen, bei dem eine geeignete, zumindest teilweise hydrophobe Oberflächenstruktur durch Fixieren von Partikeln mittels eines Trägers auf einer Oberfläche geschaffen wird, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass Partikel, die zerklüftete Strukturen mit Erhebungen und/oder Vertiefungen im Nanometerbereich aufweisen, eingesetzt werden.

[0013] Durch das erfundungsgemäße Verfahren sind selbstreinigende Oberflächen zugänglich, die Partikel mit einer zerklüfteten Struktur aufweisen. Durch die Verwendung von Partikeln, welche eine zerklüftete Struktur aufweisen, werden auf einfache Weise Oberflächen zugänglich, die bis in den Nanometerbereich strukturiert sind. Um diese Struktur im Nanometerbereich zu erhalten ist es notwendig, dass die Partikel nicht durch den Träger, mit welchem sie an der Oberfläche fixiert sind, benetzt sind, da sonst die Struktur im Nanobereich verloren gehen würde.

[0014] Ein weiterer Vorteil des erfundungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass kratzempfindliche Oberflächen beim Auftragen der Partikel nicht durch in dem Träger vorhandenen Partikeln beschädigt wird, da bei der Verwendung von Lacken und anschließendem Aufbringen der Partikel auf den Träger die kratzempfindliche Oberfläche bereits durch den Träger geschützt ist.

[0015] Im nachfolgenden werden Substanzen, die zur Fixierung von Partikeln auf einer Oberfläche eingesetzt wer-

den, als Träger bezeichnet.

[0016] Die erfundungsgemäße selbstreinigende Oberfläche, die eine künstliche, zumindest teilweise hydrophobe Oberflächenstruktur aus Erhebungen und Vertiefungen aufweist, wobei die Erhebungen und Vertiefungen durch mittels eines Trägers auf der Oberfläche fixierten Partikel gebildet werden, zeichnet sich dadurch aus, dass die Partikel eine zerklüftete Struktur mit Erhebungen und/oder Vertiefungen im Nanometerbereich aufweisen. Vorzugsweise weisen die Erhebungen im Mittel eine Höhe von 20 bis 500 nm, besonders bevorzugt von 50 bis 200 nm auf. Der Abstand der Erhebungen bzw. Vertiefungen auf den Partikeln beträgt vorzugsweise weniger als 500 nm, ganz besonders bevorzugt weniger als 200 nm.

[0017] Die zerklüfteten Strukturen mit Erhebungen und/oder Vertiefungen im Nanometerbereich können z. B. über Hohlräume, Poren, Riefen, Spitzen und/oder Zacken gebildet werden. Die Partikel selbst weisen eine durchschnittliche Größe von kleiner 50 µm, vorzugsweise von kleiner 30 µm und ganz besonders bevorzugt von kleiner 20 µm auf.

[0018] Bevorzugt weisen die Partikel eine BET-Oberfläche von 50 bis 600 Quadratmeter pro Gramm auf. Ganz besonders bevorzugt weisen die Partikel eine BET-Oberfläche von 50 bis 200 m<sup>2</sup>/g auf.

[0019] Als strukturbildende Partikel können verschiedene Verbindungen aus vielen Bereichen der Chemie eingesetzt werden. Vorzugsweise weisen die Partikel zumindest ein Material, ausgewählt aus Silikaten, dotierten Silikaten, Mineralien, Metalloxiden, Kieselsäuren, Polymeren und mit Kieselsäure beschichteten Metallpulvern, auf. Ganz besonders bevorzugt weisen die Partikel pyrogene Kieselsäuren oder Fällungskieselsäuren, insbesondere Aerosile, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, mit Aerosil R974 ummanteltes Zinkpulver, vorzugsweise mit einer Teilchengröße von 1 µm oder pulverförmige Polymere, wie z. B. kryogen gemahneltes oder sprühgetrocknetes Polytetrafluorethylen (PTFE) oder perfluorierte Copolymere bzw. Copolymere mit Tetrafluorethylen, auf.

[0020] Vorzugsweise weisen die Partikel zur Generierung der selbstreinigenden Oberflächen neben den zerklüfteten Strukturen auch hydrophobe Eigenschaften auf. Die Partikel können selbst hydrophob sein, wie z. B. PTFE aufweisende Partikel, oder die eingesetzten Partikel können hydrophobiert worden sein. Das Hydrophobiieren der Partikel kann auf eine dem Fachmann bekannte Weise erfolgen. Typische hydrophobierte Partikel sind z. B. Feinstpulver wie Aerosil R 8200 (Degussa AG), die käuflich zu erwerben sind.

[0021] Die vorzugsweise verwendeten Kieselsäuren weisen vorzugsweise eine Dibutylphthalat-Adsorption, angelehnt an DIN 53 601, von zwischen 100 und 350 ml/100 g, bevorzugt Werte zwischen 250 und 350 ml/100 g.

[0022] Die Partikel werden an der Oberfläche mittels eines Trägers fixiert. Durch Auftrag der Partikel auf die Oberfläche in einer dicht gepackten Schicht, lässt sich die selbstreinigende Oberfläche generieren.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsart der erfundungsgemäßen selbstreinigenden Oberfläche ist der Träger ein mittels thermischer Energie und/oder Lichtennergie gehärteter Lack, ein Zweikomponenten-Lacksystem oder ein anderes reaktives Lacksystem, wobei die Härtung vorzugsweise durch Polymerisation oder Vernetzung erfolgt. Besonders bevorzugt weist der gehärtete Lack Polymerisate und/oder Copolymerisate aus einfach und/oder mehrfach ungesättigten Acrylaten und/oder Methacrylaten auf. Die Mischungsverhältnisse können in weiten Grenzen variiert werden. Ebenso ist es möglich, dass der gehärtete Lack Verbindungen mit funktionellen Gruppen, wie z. B. Hydroxy-Gruppen, Epoxid-Gruppen, Amin-Gruppen, oder fluorhal-

tige Verbindungen, wie z. B. perfluorierte Ester der Acrylsäure, aufweist. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Verträglichkeit von Lack und hydrophoben Partikeln wie beispielsweise von Aerosil R 8200 mittels N-[2-

5 (Acryloyloxy)-ethyl]-N-ethylperfluorooctan-1-sulfonsäureamid aufeinander abgestimmt werden. Als Lacke sind nicht nur Lacke auf Acrylharz-Basis einsetzbar, sondern auch Lacke auf Polyurethan-Basis oder aber Lacke, die Polyurethanacrylate oder Siliconacrylate aufweisen.

[0024] Die erfundungsgemäßen selbstreinigenden Oberflächen weisen eine Abrollwinkel von kleiner 20°, besonders bevorzugt kleiner 10° auf, wobei der Abrollwinkel so definiert ist, dass ein aus 1 cm Höhe auf eine auf einer schießen Ebene ruhenden planen Oberfläche aufgebrachter Wassertropfen abrollt. Die Fortschreitwinkel und die Rückzugswinkel liegen oberhalb von 140°, bevorzugt oberhalb von 150° und weisen eine Hysterese von kleiner 15°, vorzugsweise kleiner 10° auf. Dadurch, dass die erfundungsgemäßen Oberflächen einen Fortschreit- und Rückzugswinkel oberhalb von zumindest 140°, vorzugsweise oberhalb von 150° aufweisen, werden besonders gute selbstreinigende Oberflächen zugänglich.

[0025] Je nach verwendetem Lacksystem und je nach Größe und Material der eingesetzten Partikel kann erreicht werden, dass die selbstreinigenden Oberflächen semitransparent sind. Insbesondere können die erfundungsgemäßen Oberflächen kontakttransparent sein, dass heißt das nach Erstellen einer erfundungsgemäßen Oberfläche auf einem beschrifteten Gegenstand diese Beschriftung, in Abhängigkeit von der Größe der Schrift, weiterhin lesbar ist.

[0026] Die erfundungsgemäßen selbstreinigenden Oberflächen werden vorzugsweise durch das erfundungsgemäße Verfahren zur Herstellung dieser Oberflächen hergestellt. Diese erfundungsgemäße Verfahren zur Herstellung von selbstreinigenden Oberflächen, bei dem eine geeignete, zumindest teilweise hydrophobe Oberflächenstruktur durch Fixieren von Partikeln mittels eines Trägers auf einer Oberfläche geschaffen wird, zeichnet sich dadurch aus, dass Partikel, die zerklüftete Strukturen mit Erhebungen und/oder Vertiefungen im Nanometerbereich aufweisen, eingesetzt werden.

[0027] Vorzugsweise werden solche Partikel, die zumindest ein Material, ausgewählt aus Silikaten, dotierten Silikaten, Mineralien, Metalloxiden, Kieselsäuren oder Polymeren aufweisen, eingesetzt. Ganz besonders bevorzugt weisen die Partikel pyrogene Silikate oder Kieselsäuren, insbesondere Aerosile, Mineralien wie Magadiit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> mit Aerosil R 974 ummanteltes Zn-Pulver oder pulverförmige Polymere, wie z. B. kryogen gemahneltes oder sprühgetrocknet Polytetrafluorethylen (PTFE), auf.

[0028] Besonders bevorzugt werden Partikel mit einer BET-Oberfläche von 50 bis 600 m<sup>2</sup>/g eingesetzt. Ganz besonders bevorzugt werden Partikel eingesetzt, die eine BET-Oberfläche von 50 bis 200 m<sup>2</sup>/g aufweisen.

[0029] Vorzugsweise weisen die Partikel zur Generierung der selbstreinigenden Oberflächen neben den zerklüfteten Strukturen auch hydrophobe Eigenschaften auf. Die Partikel können selbst hydrophob sein, wie z. B. PTFE aufweisende Partikel, oder die eingesetzten Partikel können hydrophobiert worden sein. Das Hydrophobiieren der Partikel kann auf eine dem Fachmann bekannte Weise erfolgen. Typische hydrophobierte Partikel sind z. B. Feinstpulver wie Aerosil R 974 oder Aerosil-R 8200 (Degussa AG), die käuflich zu erwerben sind.

[0030] Das erfundungsgemäße Verfahren weist vorzugsweise die Schritte

a) Aufbringen einer härtbaren Substanz als Träger auf

eine Oberfläche,  
 b) Aufbringen von Partikeln, die zerklüftete Strukturen aufweisen, auf den Träger und  
 c) Fixieren der Partikel durch Härtung des Trägers,

auf.

[0031] Das Aufbringen der härtbaren Substanz kann z. B. durch Aufsprühen, Aufrakeln, Aufstreichen oder Aufspritzen erfolgen. Vorzugsweise wird die härtbare Substanz in einer Dicke von 1 bis 100 µm, vorzugsweise in einer Dicke von 5 bis 50 µm aufgebracht. Je nach Viskosität der härtbaren Substanz kann es vorteilhaft sein, die Substanz vor dem Aufbringen der Partikel anhärteln bzw. anrocknen zu lassen. Idealerweise wird die Viskosität der härtbaren Substanz so gewählt, dass die aufgebrachten Partikel zumindest teilweise in die härtbare Substanz einsinken können, die härtbare Substanz bzw. die auf ihr aufgebrachten Partikel aber nicht mehr verlaufen, wenn die Oberfläche senkrecht gestellt wird.

[0032] Das Aufbringen der Partikel kann durch gängige Verfahren wie Aufsprühen oder Bepudern erfolgen. Insbesondere kann das Aufbringen der Partikel durch Aufsprühen unter Verwendung einer elektrostatischen Sprühpistole erfolgen. Nach dem Aufbringen der Partikel können überschüssige Partikel, also Partikel die nicht an der härtbaren Substanz haften, durch Schütteln, Abfürsten oder Abblasen von der Oberfläche entfernt werden. Diese Partikel können gesammelt und wieder eingesetzt werden.

[0033] Als härtbare Substanz kann als Träger ein Lack, der zumindest Mischungen aus einfach und/oder mehrfach ungesättigten Acrylaten und/oder Methacrylaten aufweist, eingesetzt werden. Die Mischungsverhältnisse können in weiten Grenzen variiert werden. Besonders bevorzugt wird ein mittels thermischer oder chemischer Energie und/oder Lichtenergie härtbarer Lack eingesetzt.

[0034] Als härtbare Substanz wird ein Lack oder ein Lacksystem ausgewählt, die hydrophobe Eigenschaften aufweist, wenn die eingesetzten Partikel hydrophobe Eigenschaften aufweisen. Umgekehrt wird als härtbare Substanz ein Lack ausgewählt der hydrophile Eigenschaften aufweist, wenn die eingesetzten Partikel hydrophile Eigenschaften aufweisen.

[0035] Es kann vorteilhaft sein, wenn die als Lack eingesetzten Mischungen Verbindungen mit funktionellen Gruppen, wie z. B. Hydroxy-Gruppen, Epoxid-Gruppen, Amin-Gruppen oder fluorhaltige Verbindungen, wie z. B. perfluorierte Ester der Acrylsäure, aufweist. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Verträglichkeit (in Bezug auf die hydrophoben Eigenschaften) von Lack und hydrophoben Partikeln wie beispielsweise von Aerosil VPR 411 mittels N-[2-(Acryloyloxy)-ethyl]-N-ethylperfluorooctan-1-sulfonsäureamid aufeinander abgestimmt werden. Als härtbare Substanzen können nicht nur Lacke auf Acrylharz-Basis eingesetzt werden, sondern auch Lacke auf Polyurethan-Basis, oder aber Polyurethanacrylate oder Siliconacrylate. Ebenfalls sind als härtbare Substanzen Zweikomponentenlacksysteme oder andere reaktive Lacksysteme einsetzbar.

[0036] Das Fixieren der Partikel auf dem Träger erfolgt durch Härtung des Trägers, wobei dieses, je nach verwendtem Lacksystem, vorzugsweise durch thermische und/oder chemische Energie und/oder Lichtenergie erfolgt. Das Härtung des Trägers, ausgelöst durch chemische oder thermische Energie und/oder Lichtenergie, kann z. B. durch Polymerisation oder Vernetzung der Bestandteile der Lacke bzw. Lacksysteme erfolgen. Besonders bevorzugt erfolgt das Härtung des Trägers durch Lichtenergie und ganz besonders bevorzugt erfolgt das Polymerisieren des Trägers durch Licht einer Hg-Mitteldrucklampe im UV-Bereich. Vorzugs-

weise erfolgt das Härtung des Trägers unter einer Inertgas-Atmosphäre, ganz besonders bevorzugt unter einer Stickstoffatmosphäre.

[0037] Je nach Dicke der aufgebrachten härtbaren Substanz und Durchmesser der verwendeten Partikel kann es notwendig sein, die Zeit, die zwischen Aufbringen der Partikel und Härtung der härtbaren Substanz verstreicht, zu begrenzen, um ein vollständiges Eintauchen der Partikel in die härtbare Substanz zu vermeiden. Vorzugsweise wird die härtbare Substanz innerhalb von 0,1 bis 10 min, vorzugsweise innerhalb von 1 bis 5 min nach dem Aufbringen der Partikel gehärtet.

[0038] Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann es vorteilhaft sein, Partikel einzusetzen, die hydrophobe Eigenschaften aufweisen und/oder die durch eine Behandlung mit zumindest einer Verbindung aus der Gruppe der Alkylsilane, Alkyldisilazane oder Perfluoralkylsilane, hydrophobe Eigenschaften aufweisen. Die Hydrophobierung von Partikeln ist bekannt und kann z. B. in der Schriftenreihe Pigmente, Nummer 18, der Degussa AG nachgelesen werden.

[0039] Es kann ebenso vorteilhaft sein, die Partikel nach dem Fixieren auf dem Träger mit hydrophoben Eigenschaften auszustatten. Dies kann z. B. dadurch erfolgen, dass die Partikel der behandelten Oberfläche durch eine Behandlung mit zumindest einer Verbindung aus der Gruppe der Alkylsilane, der Perfluoralkylsilane, die z. B. bei der Sivento GmbH zu beziehen sind, mit hydrophoben Eigenschaften ausgestattet werden. Vorzugsweise erfolgt die Behandlung dadurch, dass die Partikel aufweisende Oberfläche, die hydrophobiert werden soll, in eine Lösung, die ein Hydrophobierungsreagenz wie z. B. Alkylsilane aufweist, getaucht wird, überschüssiges Hydrophobierungsreagenz abgetropft wird und die Oberfläche bei einer möglichst hohen Temperatur getempert. Die maximal anwendbare Temperatur ist durch die Erweichungstemperaturen von Träger oder Substrat limitiert.

[0040] Das erfindungsgemäße Verfahren gemäß zumindest einem der Ansprüche 8 bis 17 kann hervorragend zur Herstellung von selbsteinigenden Oberflächen auf planaren oder nichtplanaren Gegenständen, insbesondere auf nichtplanaren Gegenständen verwendet werden. Dies ist mit den herkömmlichen Verfahren nur eingeschränkt möglich. Insbesondere über Verfahren, bei denen vorgefertigte Filme auf eine Oberfläche aufgebracht werden oder bei Verfahren, bei denen eine Struktur durch Prägen erstellt werden soll, sind nichtplanare Gegenstände, wie z. B. Skulpturen, nicht oder nur eingeschränkt zugänglich. Naturgemäße kann das erfindungsgemäße Verfahren aber auch zur Herstellung von selbsteinigenden Oberflächen auf Gegenständen mit planaren Oberflächen, wie z. B. Gewächshäusern oder öffentlichen Verkehrsmitteln verwendet werden. Insbesondere die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung von selbsteinigenden Oberflächen an Gewächshäusern weist Vorteile auf, da mit dem Verfahren selbsteinigende Oberflächen z. B. auch auf transparenten Materialien wie Glas oder Plexiglas hergestellt werden können und die selbsteinigende Oberfläche zumindest soweit transparent ausgebildet werden kann, dass für das Wachstum der Pflanzen im Gewächshaus genügend Sonnenlicht durch die mit einer selbsteinigenden Oberfläche ausgerüstete transparente Oberfläche dringen kann. Im Gegensatz zu herkömmlichen Gewächshäusern, die regelmäßig von Laub-, Staub-, Kalk- und biologischem Material, wie z. B. Algen, gereinigt werden müssen, können Gewächshäuser, die eine erfindungsgemäße Oberfläche gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, aufweisen, mit längeren Reinigungsintervallen betrieben werden.

[0041] Das erfindungsgemäße Verfahren kann außerdem zur Herstellung von selbstreinigenden Oberflächen auf nicht starren Oberflächen von Gegenständen, verwendet werden, wie z. B. Schirme oder anderen Oberflächen die flexibel gehalten sind. Ganz besonders bevorzugt kann das erfindungsgemäße Verfahren gemäß zumindest einem der Ansprüche 8 bis 17, zur Herstellung selbstreinigender Oberflächen auf flexiblen oder unflexiblen Wänden im Sanitärbereich verwendet werden. Solche Wände können z. B. Trennwände in öffentlichen Toiletten, Wände von Duschkabinen, Schwimmbädern oder Saunen, aber auch Duschvorhänge (flexible Wand) sein.

[0042] In den Fig. 1 und 2 sind Rasterelektronenmikroskopische-(REM-)Aufnahmen von als Strukturbildern eingesetzten Partikeln wiedergegeben.

[0043] Fig. 1 zeigt eine REM-Aufnahme des Aluminiumoxids Aluminiumoxide C (Degussa AG).

[0044] Fig. 2 zeigt eine REM-Aufnahme der Oberfläche von Partikeln der Kieselsäure Sipernat FK 350 (Degussa AG) auf einem Träger.

[0045] Die nachfolgenden Beispiele sollen die erfindungsgemäßen Oberflächen bzw. das Verfahren zur Herstellung der Oberflächen näher erläutern, ohne dass die Erfindung auf diese Ausführungsarten beschränkt sein soll.

#### Beispiel 1

[0046] 20 Gew.-% Methylmethacrylat, 20 Gew.-% Pentaehterrittetraacrylat und 60 Gew.-% Hexandioldimethacrylat wurden miteinander vermischt. Bezogen auf diese Mischung werden 14 Gew.-% Plex 4092 F, ein acrylisches Copolymerisat der Röhm GmbH und 2 Gew.-% UV-Härter Darokur 1173 zugesetzt und mindestens 60 min lang gerührt. Diese Mischung wurde als Träger auf eine 2 mm dicken PMMA-Platte in einer Dicke von 50 µm aufgetragen. Die Schicht wurde für 5 min angetrocknet. Anschließend wurden als Partikel hydrophobierte, pyrogene Kieselsäure Aerosil VPR 411 (Degussa AG) mittels einer elektrostatischen Sprühpistole aufgesprührt. Nach 3 min wurde der Träger bei einer Wellenlänge von 308 nm unter Stickstoff gehärtet. Nach dem Härteten des Trägers wurde überschüssiges Aerosil VPR 411 abgebürstet. Die Charakterisierung der Oberfläche erfolgte anfänglich visuell und ist mit +++ protokolliert. +++ bedeutet, Wassertropfen bilden sich nahezu vollständig aus. Der Abrollwinkel betrug 2,4°. Gemessen wurden Fortschreit- und Rückzugswinkel zu jeweils größer als 150°. Die zugehörige Hysterese liegt unterhalb von 10°.

#### Beispiel 2

[0047] Der Versuch aus Beispiel 1 wurde wiederholt, wobei Partikel aus Aluminiumoxid C (Degussa AG), ein Aluminiumoxid mit einer BET-Oberfläche von 100 m<sup>2</sup>/g, elektrostatisch aufgesprührt wurden. Nach erfolgter Härtung des Trägers gemäß Beispiel 1 und Abbürsten überschüssiger Partikel, wurde die gehärtete, abgebürstete Platte zum Hydrophobieren in eine Formulierung von Tridecafluorooctyltriethoxysilan in Ethanol (Dynasilan 8262, Sivento GmbH) getaucht. Nach Abtropfen von überschüssigem Dynasilan 8262 wurde die Platte bei einer Temperatur von 80°C getempert. Die Oberfläche wird mit ++ eingestuft, d. h., die Ausformung der Wassertropfen ist nicht ideal, der Abrollwinkel liegt unterhalb von 20°.

#### Beispiel 3

[0048] Auf die mit dem Träger behandelte Platte aus Beispiel 1 wird Kieselsäure Sipernat 350 der Degussa AG ge-

streut. Nach 5 min Eindringzeit wird die behandelte Platte unter Stickstoff im UV-Licht bei 308 nm gehärtet. Überschüssige Partikel werden wiederum abgebürstet und die Platte wird anschließend wiederum in Dynasilan 8262 getaucht und anschließend bei 80°C getempert. Die Oberfläche wird mit +++ eingestuft.

#### Beispiel 4

[0049] Der Versuch aus Beispiel 1 wird wiederholt, aber an Stelle von Aerosil VPR 411 wird Aerosil R 8200 (Degussa AG), welches eine BET-Oberfläche von 200 ± 25 m<sup>2</sup>/g eingesetzt. Die Beurteilung der Oberfläche ist +++. Der Abrollwinkel ist zu 1,3° bestimmt worden. Gemessen wurden außerdem Fortschreit- und Rückzugswinkel, die jeweils größer als 150° betragen. Die zugehörige Hysterese liegt unterhalb von 10°.

#### Beispiel 5

[0050] Dem Lack aus Beispiel 1, der mit dem UV-Härter bereits vermischt wurde, wurden zusätzlich 10 Gew.-% (bezogen auf das Gesamtgewicht der Lackmischung) 2-(N-Ethylperfluoroctansulfonamido)-ethylacrylat zugesetzt. Auch dieses Gemisch wurde wieder mindestens 60 min lang gerührt. Diese Mischung wurde als Träger auf eine 2 mm dicken PMMA-Platte in einer Dicke von 50 µm aufgetragen. Die Schicht wurde für 5 min angetrocknet. Anschließend wurden als Partikel hydrophobierte, pyrogene Kieselsäure Aerosil VPR 411 (Degussa AG) mittels einer elektrostatischen Sprühpistole aufgesprührt. Nach 3 min wurde der Träger bei einer Wellenlänge von 308 nm unter Stickstoff gehärtet. Nach dem Härteten des Trägers wurde überschüssiges Aerosil VPR 411 abgebürstet. Die Charakterisierung der Oberfläche erfolgte anfänglich visuell und ist mit +++ protokolliert. +++ bedeutet, Wassertropfen bilden sich nahezu vollständig aus.

[0051] Der Abrollwinkel betrug 0,5°. Gemessen wurden Fortschreit- und Rückzugswinkel zu jeweils größer als 150°. Die zugehörige Hysterese liegt unterhalb von 10°.

#### Vergleichsbeispiel 1

[0052] Auf den angetrockneten Träger aus Beispiel 1 aufgetragen in einer Dicke von 200 µ wird eine Suspension von 10 Gew.-% sprühgetrocknete pyrogene Kieselsäure, Aeroperl 90/30Degussa AG, eine Kieselsäure mit einer BET-Oberfläche von 90 m<sup>2</sup>/g, in Ethanol, aufgerakelt. Nach Härtung im UV-Licht und Behandlung mit dem Hydrophobierungsmittel Dynasilan 8262 wird die Oberfläche nur mit + beurteilt, d. h., der Tropfen bildet sich schlecht aus und klebt bis zu hohen Neigungswinkeln an der Oberfläche.

[0053] Der schlechte Reinigungseffekt ist auf das Zuschmieren der zerklüfteten Strukturen zurückzuführen. Dies geschieht vermutlich durch Lösen von Monomeren des noch nicht gehärteten Lacksystems in Ethanol. Vor dem Härteten verdampft das Ethanol und die Monomeren bleiben in den zerklüfteten Strukturen zurück, in der sie beim Vorgang des Härtens ebenfalls aushärten, wodurch die zerklüfteten Strukturen zugeschmiert bzw. ausgefüllt werden. Auf diese Weise verschlechtert sich der Selbstreinigungseffekt deutlich.

#### Patentansprüche

1. Selbstreinigende Oberfläche, die eine künstliche, zumindest teilweise hydrophobe Oberflächenstruktur aus Erhebungen und Vertiefungen aufweist, wobei die

Erhebungen und Vertiefungen durch mittels eines Trägers auf der Oberfläche fixierten Partikel gebildet werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel eine zerklüftete Struktur mit Erhebungen und/oder Vertiefungen im Nanometerbereich aufweisen. 5

2. Selbstreinigende Oberfläche gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger ein mittels thermischer oder chemischer Energie oder Lichtenergie gehärteter Lack ist.

3. Selbstreinigende Oberfläche nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der gehärtete Lack Mischungen aus einfach und/oder mehrfach ungesättigten Acrylaten und/oder Methacrylaten oder Polyurethan aufweist. 10

4. Selbstreinigende Oberfläche nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel eine durchschnittliche Größe von kleiner 50 µm aufweisen. 15

5. Selbstreinigende Oberfläche gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel eine durchschnittliche Größe von kleiner 30 µm aufweisen. 20

6. Selbstreinigende Oberfläche gemäß zumindest einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel aus zumindest einem Material, ausgewählt aus Silikaten, dotierten Silikaten, Mineralien, Metalloxiden, Kiesel säuren, Polymeren und Metallpulvern ausgewählt sind. 25

7. Selbstreinigende Oberfläche gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel hydrophobe Eigenschaften aufweisen. 30

8. Verfahren zur Herstellung von selbstreinigenden Oberflächen, bei dem eine geeignete, zumindest teilweise hydrophobe Oberflächenstruktur durch Fixieren von Partikeln mittels eines Trägers auf einer Oberfläche geschaffen wird, dadurch gekennzeichnet, dass Partikel, die zerklüftete Strukturen mit Erhebungen und/oder Vertiefungen im Nanometerbereich aufweisen, eingesetzt werden. 35

9. Verfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass Partikel, die zumindest ein Material, ausgewählt aus Silikaten, dotierten Silikaten, Mineralien, Metalloxiden, Kiesel säuren, Metallpulvern oder Polymeren aufweisen, eingesetzt werden. 40

10. Verfahren gemäß Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass es die Schritte 45

- a) Aufbringen einer härtbaren Substanz als Träger auf eine Oberfläche,
- b) Aufbringen von Partikeln, die zerklüftete Strukturen aufweisen, auf den Träger und
- c) Fixieren der Partikel durch Härtung des Trägers, 50

aufweist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Härtung des Trägers durch thermische oder chemische Energie und/oder Lichtenergie erfolgt. 55

12. Verfahren gemäß Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass als härtbare Substanz ein Lack der zumindest Mischungen aus einfach und/oder mehrfach ungesättigten Acrylaten und/oder Methacrylaten und/oder Polyurethane und/oder Silikonacrylate und/oder Urethanacrylate aufweist, eingesetzt wird. 60

13. Verfahren gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass als härtbare Substanz ein Lack ausgewählt wird der hydrophobe Eigenschaften aufweist, wenn die eingesetzten Partikel hydrophobe Eigenschaften aufweist und als härtbare Substanz ein Lack ausgewählt wird der hydrophile Eigenschaften aufweist, wenn die eingesetzten Partikel hydrophile Eigenschaften aufweist. 65

14. Verfahren gemäß zumindest einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass Partikel eingesetzt werden, die hydrophobe Eigenschaften aufweisen.

15. Verfahren gemäß zumindest einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass Partikel eingesetzt werden, die durch eine Behandlung mit zumindest einer Verbindung aus der Gruppe der Alkylsilane, Perfluoralkylsilane oder Alkyldisilazane, hydrophobe Eigenschaften aufweisen.

16. Verfahren gemäß zumindest einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel nach dem Fixieren auf dem Träger mit hydrophoben Eigenschaften ausgestattet werden.

17. Verfahren gemäß Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel durch eine Behandlung mit zumindest einer Verbindung aus der Gruppe der Alkylsilane, Perfluoralkylsilane oder Alkyldisilazane, mit hydrophoben Eigenschaften ausgestattet werden.

18. Verwendung des Verfahrens gemäß zumindest einem der Ansprüche 8 bis 17, zur Herstellung von selbstreinigenden Oberflächen auf planaren oder nicht-planaren Gegenständen.

19. Verwendung des Verfahrens gemäß zumindest einem der Ansprüche 8 bis 17, zur Herstellung von selbstreinigenden Oberflächen auf nicht starren Oberflächen von Gegenständen.

20. Verwendung des Verfahrens gemäß zumindest einem der Ansprüche 8 bis 17, zur Herstellung selbstreinigenden Oberflächen auf flexible oder unflexible Wände im Sanitärbereich.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**

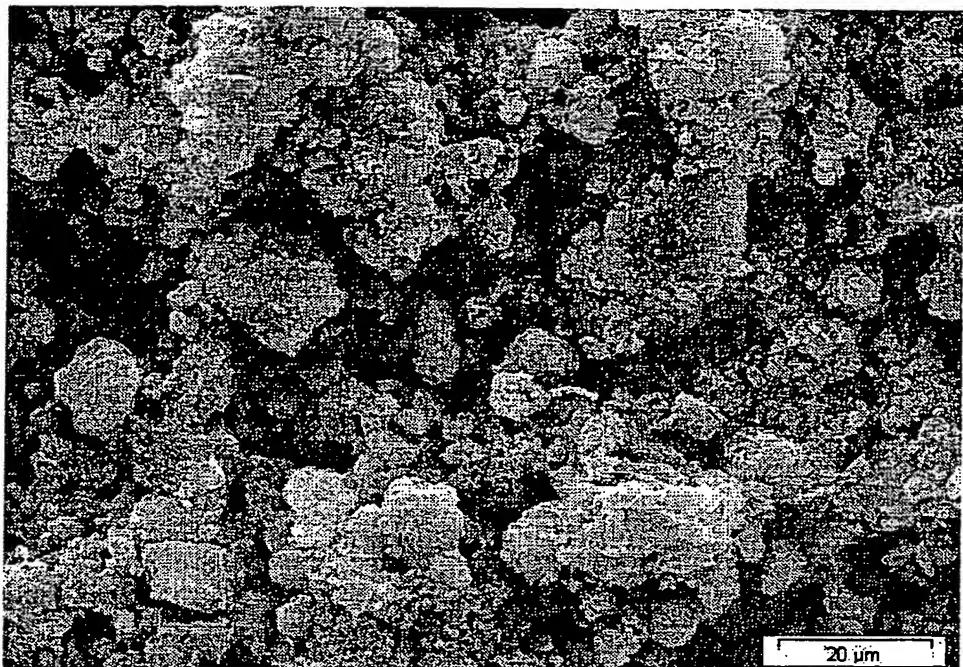


Fig. 1

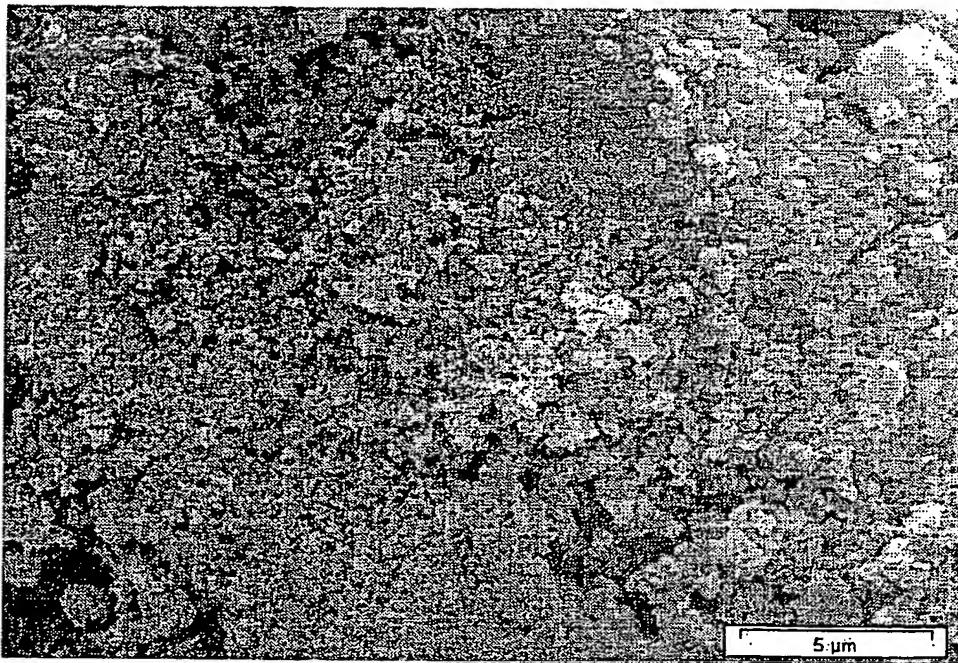


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.